

**HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS E  
SUSTENTABILIDADE 3**



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Helenton Carlos da Silva**  
(Organizador)

**Gestão de Recursos Hídricos e  
Sustentabilidade**  
**3**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-667-6 DOI 10.22533/at.ed.676192709  1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 343.81
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 50 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS	
José Floro de Arruda Neto Armando Dias Duarte Íalysson da Silva Medeiros Gustavo José de Araújo Aguiar Gilson Lima da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO	
Ideana Machado de Carvalho Ideane Machado Teixeira de Sousa André Luiz da Silva Santiago Elisabeth Laura Alves de Lima Valderice Pereira Alves Baydum	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	
Daniel Kiyomasa Nakadomari Deividi Lucas Paviani Osmar Amaro Rosado William Freitas Petrangelo Camila Brandão Nogueira Borges Camila Fernanda de Paula Oliveira Paulo Sergio Germano Carvalho Daniel Lyra Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU	
Rafaella Santos Coutinho Zacarias Caetano Vieira Carina Siqueira de Souza Carlos Gomes da Silva Júnior Daniel Luiz Santos Any Caroliny Dantas Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927095</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>39</b>
DEMANDA ESPECÍFICA DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS: VERIFICAÇÃO DE SUPERESTIMAÇÃO DE VALORES UTILIZADOS NO MEIO TÉCNICO PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - ESTUDO DE CASO	
<p>Marcelo Coelho Lanza          Maria da Glória Braz</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927096</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>51</b>
ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	
<p>Angelis Carvalho Menezes          Michelli Ferreira de Oliveira          Luciana Coêlho Mendonça</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927097</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARIETE	
<p>Abraão Martins do Nascimento          Keila Giordany Sousa Santana          Paulo Eduardo Silva Martins          Nayara Bezerra Carvalho</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927098</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>68</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN E ÁGUAS ALTERNATIVAS DE ALMINO AFONSO-RN EM SEUS MÚLTIPLOS USOS	
<p>Clélio Rodrigo Paiva Rafael          Larissa Janyele Cunha Miranda          Rokátia Lorrany Nogueira Marinho          Renata de Oliveira Marinho          Antonio Ferreira Neto          Mônica Monalisa Souza Valdevino          Lígia Raquel Rodrigues Santos</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927099</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>77</b>
ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG	
<p>Geisa Dias Gaio          Pedro José de Oliveira Machado</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270910</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>89</b>
CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS	
<p>Giancarlo Lastoria</p>	



Guilherme Henrique Cavazzana  
Andresa Oliva  
Sandra Garcia Gabas  
Chang Hung Kiang

**DOI 10.22533/at.ed.67619270911**

**CAPÍTULO 12 ..... 96**

ESPACIALIZAÇÃO POR INTERPOLADOR KERNEL DA POTENCIALIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO LESTE DO ESTADO  
DE SERGIPE

Kisley Santos Oliveira  
Thais Luiza dos Santos  
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.67619270912**

**CAPÍTULO 13 ..... 107**

INUNDAÇÕES E USOS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SESMARIA,  
RESENDE/RJ

Angel Loo  
Pedro José de Oliveira Machado

**DOI 10.22533/at.ed.67619270913**

**CAPÍTULO 14 ..... 120**

ANÁLISE HIDROMORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIACHO DO SERTÃO NA  
REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIU – AL

Luana Kívia Lima de Paiva  
Lucas Araújo Rodrigues da Silva  
Thiago Alberto da Silva Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.67619270914**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DO CARIRI - CEARÁ

Ana Beatriz Nunes Oliveira  
Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar  
Edson Paulino de Alcântara  
Thamires Figueira da Penha Lima Gonçalves  
Sávio de Brito Fontenele

**DOI 10.22533/at.ed.67619270915**

**CAPÍTULO 16 ..... 139**

APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN  
PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA  
PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E  
SÃO FRANCISCO

Adnivia Santos Costa Monteiro  
Erik Sartori Jeunon Gontijo  
Igor Santos Silva  
Carlos Alexandre Borges Garcia  
José do Patrocínio Hora Alves

**DOI 10.22533/at.ed.67619270916**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>150</b>
MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA	
Rogério de Jesus Porciúncula Olivar Antônio Lima de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>162</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>173</b>
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>182</b>
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>197</b>
AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX	
Carlos Alexandre Borges Garcia Nathália Krissi Novaes Oliveira Helenice Leite Garcia Ranyere Lucena de Souza Silvânio Silvério Lopes da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>207</b>
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA	
Agnes da Silva Araújo Lucas Nunes Franco Davi Edson Sales e Souza Raisa Rodrigues Neves Vanessa Conceição dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>217</b>
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>229</b>
O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ	
Bruna Peres Battemarco Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira Osvaldo Moura Rezende Ana Caroline Pitzer Jacob Matheus Martins De Sousa Luiza Batista De França Ribeiro Paulo Canedo de Magalhães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>243</b>
ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO CILIAR DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA E DO RIO MUQUI DO NORTE - TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE MUQUI (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Vinícius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>255</b>
AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Valdeci Antônio de Oliveira Daniela Maimoni de Figueiredo Simoni Maria Loverde Oliveira Ibraim Fantin-Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270926</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>275</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>276</b>

## O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ

### **Bruna Peres Battemarco**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

### **Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

### **Oswaldo Moura Rezende**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Ana Caroline Pitzer Jacob**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Matheus Martins De Sousa**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Luiza Batista De França Ribeiro**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Paulo Canedo de Magalhães**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

os objetivos, metas, ações e prazos visando a universalização do acesso ao saneamento básico a toda a população municipal dentro de um horizonte de planejamento de 20 anos. O artigo tem o objetivo de apresentar o Planejamento do Manejo de Águas Pluviais do Município de Bocaina-PI, localizado no interior do estado, e do Município de Porto-PI, localizado às margens do baixo curso do rio Parnaíba, ambos no âmbito de seu Plano Municipal de Saneamento Básico. Desta forma, o artigo contém o diagnóstico dos municípios e a análise SWOT, para, a partir do reconhecimento das carências e problemas existentes, definir diretrizes e alternativas de atuação. Também são definidas as metas e objetivos para o cenário de referência, bem como as diretrizes e a proposição de medidas de intervenção, com o intuito de mitigar os impactos causados pela falta de gestão e manejo das águas pluviais. Além disso, são definidos os programas e ações necessários para o atingimento das metas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Plano Municipal de Saneamento Básico; Manejo de Águas Pluviais; Piauí.

THE MANAGEMENT OF STORMWATER IN THE CONTEXT OF MUNICIPAL SANITATION PLANS: CASE STUDY IN A RIVERSIDE MUNICIPALITY AND IN AN INLAND MUNICIPALITY, PIAUÍ - BRAZIL.

**ABSTRACT:** Law 11.445/2007 requires that the

**RESUMO:** A Lei nº11.445/2007 determina que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve ocorrer com base em um plano. Este plano deve apresentar, de forma clara,

provision of public sanitation services must take place based on a plan. This plan must clearly present objectives, goals, actions and deadlines towards universal access to basic sanitation to all municipal population within 20-year planning horizon. This article aims to present the Stormwater Management Plan within the Sanitation Municipal Plan of Bocaina and Porto, PI, the last one located along the lower course of the river Parnaíba. Thus, the article contains the municipality diagnosis and the SWOT analysis in order to recognize shortcomings and existing problems. It also defines the goals and objectives for the reference scenario, as well as guidelines and proposal of intervention measures, to mitigate the impacts caused by the lack of stormwater management. Also, the programs and actions necessary to achieve the goals are defined.

**KEYWORDS:** Municipal Sanitation Plan, Stormwater Management, Piauí.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Lei do Saneamento Básico nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.217/10, determina que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve ocorrer com base em um plano que apresente os objetivos, metas, ações e prazos visando a universalização do acesso ao saneamento básico a toda a população municipal dentro de um horizonte de planejamento de 20 anos. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é um instrumento de planejamento dos direitos garantidos por lei à saúde e salubridade ambiental, ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, à moradia digna e cidades sustentáveis (FUNPAPI, 2013). Segundo FUNASA (2012), dentre os aspectos a serem considerados na elaboração de um PMSB estão o diagnóstico do abastecimento, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e águas pluviais, integrados para todo o território do município; a proposta de intervenções com base na análise de diferentes cenários e estabelecimento de prioridades; a definição dos objetivos e metas e dos programas, ações e projetos necessários para atingir os objetivos e metas.

Neste contexto, o presente artigo tem o objetivo de apresentar o planejamento do manejo de águas pluviais no âmbito do PMSB de Porto, município piauiense localizado às margens do baixo curso do rio Parnaíba, e do PMSB de Bocaina-PI, município sem influência de extravasamentos fluviais de grande porte, levando em consideração as particularidades de cada município. Destaca-se que o trabalho foi objeto de contrato de consultoria firmado entre a FUNPAPI e a AquaFluxus.

## 2 | DIAGNÓSTICO

O diagnóstico elaborado pela FUNPAPI (2013) reconheceu a não existência de um Plano Diretor e de um Código de Obras e Edificações nos municípios de Porto e Bocaina, não havendo, portanto, um planejamento quanto ao uso e à ocupação do

solo e, conseqüentemente, um dispositivo legal sobre parcelamento e uso do solo urbano e rural, embora todo município inserido no território nacional brasileiro esteja regido pela Lei Nº 6.766/79. Além disso, atualmente, não há nos municípios um setor administrativo relacionado a ações para controle de cheias e gestão da drenagem urbana.

O diagnóstico realizado por CPRM (2012) identificou seis setores de risco alto no município de Porto, enquadrados como risco de enchentes e inundações, apresentados na Figura 1. A visita técnica realizada pela AquaFluxus, em agosto de 2015, às áreas indicadas como mais susceptíveis aos problemas de inundações, identificou que há duas fontes de perigo para o município de Porto, conforme indicação do estudo da CPRM. Uma é a inundação gradual do rio Parnaíba e a outra é a inundação ocasionada por chuvas intensas.



Figura 1 - Setores de risco de inundações no município de Porto (Fonte: CPRM, 2012)

Em relação ao município de Bocaina, a FUNPAPI (2013) identificou percentuais insignificantes de dispositivos especiais de drenagem e que o escoamento do fluxo pluvial é disciplinado, basicamente, pelas sarjetas das vias pavimentadas. Foram diagnosticados para o município quatro pontos críticos de intenso acúmulo de água, no período de chuvas. Tal circunstância se deve às condições topográficas desfavoráveis e à falta de soluções de microdrenagem. A visita técnica realizada pela AquaFluxus, em agosto de 2015, identificou que não há um sistema de drenagem de águas pluviais bem estruturado. Também foram verificados problemas de erosão e pontos de concentração de águas pluviais, associados a essa falta de sistema de drenagem.

### 3 | ANÁLISE SWOT

A fim de definir um planejamento estratégico que buscasse superar as fraquezas e aumentar a resiliência frente às ameaças externas, identificando os pontos fortes a explorar e os pontos a serem trabalhados na gestão do Manejo de Águas Pluviais de Porto e Bocaina, foi realizada a análise SWOT dos municípios, apresentadas no



Quadro 1 e no Quadro 2, respectivamente.

A análise para Porto teve como base informações de FUNPAPI (2013), CPRM (2012) e da visita técnica realizada em agosto de 2015 pela AquaFluxus, FUNPAPI e técnicos da Prefeitura Municipal de Porto.

A análise para Bocaina teve como base informações de FUNPAPI (2013) e da visita técnica realizada em agosto de 2015 pela AquaFluxus, FUNPAPI e técnicos da Prefeitura de Bocaina.

Forças	Fraquezas
<p>Existência de um rio com capacidade para recebimento das águas drenadas;</p> <p>Obras de infraestrutura urbana com verba do Ministério das Cidades; Verba do Plano Plurianual da Prefeitura de Porto destinada à manutenção e ampliação dos serviços de drenagem urbana (2014-2017);</p> <p>Existência de lagoa funcionando como reservatório de detenção, com estrutura de controle na saída.</p>	<p>Ausência de um setor responsável pelo controle de cheias e gestão da drenagem urbana;</p> <p>Obstrução das redes de drenagem por resíduos sólidos e sedimentos; Falta de manutenção dos dispositivos de drenagem existentes;</p> <p>Secretaria de obras, responsável pela drenagem, com quadro de funcionários reduzido, inviabilizando ações organizadas e tarefas de fiscalização; Orçamento municipal reduzido;</p> <p>Pessoas residindo em áreas de risco, ocupação desordenada das planícies de inundação;</p> <p>Problemas com alagamentos e inundações; Falta de um sistema de macrodrenagem;</p> <p>Faltam dispositivos para escoamento das águas pluviais; Inexistência de Plano Diretor;</p> <p>Ausência de drenagem na grande maioria das rodovias e ruas;</p> <p>Falta pavimentação de vias na zona rural, que provoca erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Intensificação dos processos erosivos, devido à falta de drenagem pluvial; Ausência de fiscalização para garantir o cumprimento de leis e normas já regulamentadas (ocupação em APP, índice de impermeabilização de lotes, implantação de dispositivos de uso de águas de chuva, etc.);</p> <p>Lançamentos de águas pluviais sem dissipação de energia provocando erosão; Ausência de planos de contingência e emergência;</p> <p>Ineficiência hidráulica de alguns dispositivos de drenagem.</p>
Oportunidades	Ameaças
<p>A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que visa à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico;</p> <p>Recursos Federais e Estaduais para aplicação em sistemas de saneamento;</p> <p>Políticas públicas (Estaduais e Federais) para saneamento; Políticas de priorização de investimentos relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Lei Federal nº 6.766, de 19/12/79, sobre o parcelamento do solo urbano; As recomendações do Plano Diretor Participativo fortalecem os setores de saneamento dentro do contexto geral da administração pública municipal;</p> <p>A Política Nacional de Saneamento Básico é um importante instrumento norteador para a adequação específica dos 4 setores do Saneamento Básico Municipal;</p> <p>As recomendações do Plano de Bacias Hidrográficas representam oportunidades para a resolução dos problemas de forma consorciada.</p>	<p>Políticas de priorização de investimentos não relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Desastres ambientais;</p> <p>Aumento do consumo e conseqüentemente aumento das demandas voltadas para o saneamento;</p> <p>Variáveis climáticas;</p> <p>Crescimento da zona urbana – êxodo rural;</p> <p>Ausência de fiscalização para controlar o cumprimento da legislação que incide sobre o setor (Código Florestal, Lei de Saneamento Básico, Resoluções Conama relacionadas à qualidade das águas, Portaria DAEE relacionada à outorga de uso dos recursos hídricos, etc.);</p> <p>Burocracia na obtenção de recursos financeiros e nos processos licitatórios.</p>

Quadro 1 – Análise SWOT do Sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas de Porto-PI

Forças	Fraquezas
--------	-----------

<p>Sistema de informações com os resultados das etapas do diagnóstico do município disponibilizado na internet, o que resulta em maior participação da população na gestão sustentável das atividades de saneamento básico para o município;</p> <p>Obras de infraestrutura urbana com verba do Ministério das Cidades e Ministério do Desenvolvimento Agrário;</p> <p>Obras financiadas pelo município para a construção de pontes, bueiros e passagens molhadas;</p> <p>Baixa ocupação do sopé dos morros, mantendo preservada a região dos topos.</p>	<p>Afluentes do rio Guaribas desenvolvendo acentuado processo erosivo; Processo de urbanização desordenado e não acompanhado de infraestrutura;</p> <p>Ausência de um setor responsável pelo controle de cheias e gestão da drenagem urbana;</p> <p>Necessidade de redimensionamento da infraestrutura de drenagem existente, principalmente nos trechos de acesso às comunidades rurais de Bocaina; Inexistência de dispositivos legais que discipline o uso e ocupação dos solos; Plano Diretor não homologado juridicamente;</p> <p>Ausência de drenagem na grande maioria das rodovias e ruas;</p> <p>Falta pavimentação de vias na zona rural, que provoca erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Ineficiência hidráulica de alguns dispositivos de drenagem; Falta de manutenção dos dispositivos de drenagem existentes;</p> <p>Secretaria de obras, responsável pela drenagem, com quadro de funcionários reduzido, inviabilizando ações organizadas e tarefas de fiscalização;</p> <p>Diversos pontos críticos de alagamento nas áreas rurais e urbanas, com acúmulo de água nos períodos de chuvas;</p> <p>Falta de manejo adequado das águas pluviais;</p> <p>Intensificação dos processos erosivos, devido à falta de drenagem pluvial; Águas servidas, resíduos sólidos e sedimentos obstruindo os dispositivos de drenagem pluvial, poluindo os mananciais e contribuindo para a proliferação de vetores de doenças.</p>
<b>Oportunidades</b>	<b>Ameaças</b>
<p>A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que visa à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico;</p> <p>Recursos Federais e Estaduais para aplicação em sistemas de saneamento;</p> <p>Políticas públicas (Estaduais e Federais) para saneamento; Políticas de priorização de investimentos relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Lei Federal nº 6.766, de 19/12/79, sobre o parcelamento do solo urbano; As recomendações do Plano Diretor Participativo fortalecem os setores de saneamento dentro do contexto geral da administração pública municipal;</p> <p>A Política Nacional de Saneamento Básico é um importante instrumento norteador para a adequação específica dos 4 setores do Saneamento Básico Municipal;</p> <p>As recomendações do Plano de Bacias Hidrográficas representam oportunidades para a resolução dos problemas de forma consorciada.</p>	<p>Políticas de priorização de investimentos não relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Desastres ambientais;</p> <p>Aumento do consumo e conseqüentemente aumento das demandas voltadas para o saneamento;</p> <p>Variáveis climáticas;</p> <p>Ausência de fiscalização para controlar o cumprimento da legislação que incide sobre o setor (Código Florestal, Lei de Saneamento Básico, Resoluções Conama relacionadas à qualidade das águas, Portaria DAEE relacionada à outorga de uso dos recursos hídricos, etc.);</p> <p>Burocracia na obtenção de recursos financeiros e nos processos licitatórios.</p>

Quadro 2 - Análise SWOT do Sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas de Bocaina-PI

Com base nas informações obtidas no diagnóstico e no resultado da análise SWOT dos municípios, foram definidos os cenários a serem estudados (Ideal, Factível e Retrógrado) para a escolha do cenário de referência, no qual sejam pautadas as metas e objetivos para cada município. Para elaboração do prognóstico, foi considerado o cenário FACTÍVEL como Cenário de Referência, por se tratar de um cenário possível de ser alcançado, tanto tecnicamente quanto economicamente. Com a sua escolha, prosseguiu-se para a identificação das necessidades futuras de ampliação dos componentes do sistema de drenagem urbana.

## 4 | METAS E OBJETIVOS

A partir do conhecimento das particularidades de cada município, foram especificadas metas e objetivos a serem cumpridos para o setor de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais no âmbito do PMSB, apresentados no Quadro 3, para Porto, e no Quadro 4, para Bocaina. As metas foram estabelecidas para diferentes horizontes temporais em função das necessidades observadas. Os horizontes foram classificados em curto prazo, quando realizados em até 5 anos; médio prazo, quando realizados em até 10 anos; e longo prazo, quando realizados em até 20 anos.

Metas	Objetivos
Definição do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Visa atingir os principais objetivos dos serviços do sistema de manejo de águas pluviais, estabelecidos pela Lei nº 11.445/07, que determina diretrizes nacionais para o saneamento básico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de um manual de drenagem.	Visa orientar profissionais no planejamento e projeto de drenagem urbana e no que diz respeito à ocupação de áreas com potencial de inundação, devendo ser utilizado como suporte técnico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de programa de gestão de risco de inundações.	Tem como primeiro objetivo a relocação de moradores dos setores identificados como sendo de alto risco pela CPRM. Para evitar o reestabelecimento dessas áreas, também é atribuído deste programa a fiscalização e controle de novas ocupações. Sabendo-se que há uma tendência à expansão urbana observada no diagnóstico citado e o retorno, no período pós-cheia, dos moradores retirados destes locais, foi proposto a implementação do programa a curto prazo.
Implantação de rede urbana de microdrenagem.	Visa reestruturar todo o sistema de microdrenagem da área urbana do município de Porto. São metas do cenário de referência que, no horizonte de curto prazo, seja feito o cadastramento de todas as ruas da região urbana e seja implantada a rede de microdrenagem em 40% de todas as vias levantadas. A médio prazo é proposta a implantação de 100% de rede de microdrenagem sobre o total de ruas urbanas e a longo prazo a implantação das redes deverá acompanhar a expansão da área urbana, com crescimento de vias.
Implementação de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco	Visa controlar o impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e da ocupação das áreas de risco. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Avaliação hidráulica dos bueiros existentes	Visa verificar a situação destes dispositivos quanto às dimensões e ao estado de conservação no horizonte de curto prazo, indicando quais estruturas necessitam ser readequadas, incluindo-as na meta apresentada a seguir.
Implantação de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água	Esta meta propõe, para o horizonte de médio prazo, que todos os dispositivos de passagem devem estar implantados ou readequados. Dispositivos prioritários, porém, que apresentam relativa importância para a população e para o município, devem ser planejados para atender a população em curto prazo.
Projeto de otimização do açude do Igarapé para controle de inundações.	A primeira etapa contempla a fase de estudos, onde será analisado o potencial do açude em mitigar problemas relacionados a alagamentos. Esta etapa deverá ser cumprida a curto prazo. Já a segunda, contempla obras de adaptação no açude, de forma a otimizar o reservatório para o controle de inundações, caso a primeira etapa assim o indique. Esta etapa deverá ser cumprida a médio prazo.

Quadro 3 - Metas e Objetivos para o Cenário de Referência – Porto-PI

Metas	Objetivos
Definição do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Visa atingir os principais objetivos dos serviços do sistema de manejo de águas pluviais, estabelecidos pela Lei nº 11.445/07, que determina diretrizes nacionais para o saneamento básico. Foi proposta sua definição em curto prazo.

Implementação de um manual de drenagem.	Visa orientar profissionais no planejamento e projeto de drenagem urbana e no que diz respeito à ocupação de áreas com potencial de inundação, devendo ser utilizado como suporte técnico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de programa preventivo de segurança de barragem.	Visa mitigar os danos causados por um evento não esperado, como por exemplo, ruptura da estrutura e galgamento da barragem.
Implementação de projeto coletivo de Educação Ambiental.	Visa evitar o problema da mistura da água de chuva, esgotos, sedimentos e resíduos sólidos, em especial nas sarjetas, resultando na obstrução ou aumento da rugosidade das redes. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implantação de rede de microdrenagem na zona urbana e nas vilas principais.	Visa complementar e melhorar o sistema de microdrenagem do município de Bocaina. São metas do cenário de referência que, no horizonte de curto prazo, seja feito o cadastramento das ruas da região urbana e das vilas principais e seja implantada 53% da rede de microdrenagem demandada, a médio prazo 80% e a longo prazo 100%.
Implementação de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco	Visa controlar o impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e da ocupação das áreas de risco. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Avaliação hidráulica dos bueiros existentes	Visa verificar a situação destes dispositivos quanto às dimensões e ao estado de conservação no horizonte de curto prazo, indicando quais estruturas necessitam ser readequadas, incluindo-as na meta apresentada a seguir.
Implantação de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) demandados.	Esta meta propõe, para o horizonte de curto prazo, que todos os dispositivos de passagem devem estar implantados ou readequados.

Quadro 4 - Metas e Objetivos para o Cenário de Referência – Bocaina-PI

## 5 | INDICADORES DE AVALIAÇÃO

Como forma de avaliar periodicamente a evolução do atendimento dos serviços de manejo das águas pluviais e de drenagem urbana, frente às metas pré-estabelecidas, foram propostos oito indicadores, apresentados no Quadro 5, para Porto, e propostos onze indicadores, apresentados no Quadro 6, para Bocaina.

I1	Existência do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Não existe órgão responsável definido	0
		Existe órgão responsável definido	1
I2	Existência de manual de drenagem.	Não existe manual de drenagem implementado	0
		Existe manual de drenagem implementado	1
I3	Existência de programa de gestão de risco de inundações.	Não existe programa implementado	0
		Existe programa implementado	1
I4	Índice de Adequação da Microdrenagem.	Cálculo da porcentagem de vias com rede de drenagem.	0 a 1
I5	Existência de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco.	Não existe legislação implementada	0
		Existe legislação implementada	1
I6	Avaliação hidráulica dos bueiros existentes.	Avaliação não realizada	0
		Avaliação realizada	1
I7	Porcentagem de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	Cálculo do percentual de implantação ou readequação de dispositivos de passagem.	0 a 1
I8	Fase do projeto de otimização do açude do Igarapé para controle de inundações.	Projeto em fase inicial ou não iniciado	0
		Fase de estudos concluída	0,5
		Fase final do projeto concluída	1

Quadro 5 - Indicadores para avaliação do atendimento das metas – Porto-PI

I1	Existência do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Não existe órgão responsável definido	0
		Existe órgão responsável definido	1
I2	Existência de manual de drenagem.	Não existe manual de drenagem implementado	0
		Existe manual de drenagem implementado	1
I3	Existência de programa preventivo de segurança de barragem.	Não existe programa implementado	0
		Existe programa implementado	1
I4	Índice de Adequação da Microdrenagem.	Relação de vias com rede de drenagem e vias nas quais há alagamentos.	0 a 1
I5	Existência de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco.	Não existe legislação implementada	0
		Existe legislação implementada	1
I6	Avaliação hidráulica dos bueiros existentes.	Avaliação não realizada	0
		Avaliação realizada	1
I7	Porcentagem de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	Cálculo da porcentagem de dispositivos em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	0 a 1
I8	Índice de Produtividade da Força de Trabalho (IPFT)	Cálculo do percentual de número de funcionários em relação à população total do município.	0 a 1
I9	Taxa de Urbanização (TU)	Cálculo do percentual de área construída (ocupação por imóveis) por área da zona urbana do município	0 a 1
I10	Taxa de Área Verde (TAV)	Cálculo do percentual de áreas verdes públicas mais áreas não desmatadas pela área total do município	0 a 1
I11	Taxa de Impermeabilização (TI)	Cálculo do percentual de área construída mais vias públicas pela área total do município	0 a 1

Quadro 6 - Indicadores para avaliação do atendimento das metas – Bocaina-PI

## 6 | DIRETRIZES PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O município de Porto, por se localizar na planície de inundação do Rio Parnaíba, torna a implantação de reservatórios de detenção em lotes pouco efetiva para o controle das inundações, além de reduzir a eficiência de medidas de infiltração. Apesar disso, a adoção dessas estruturas, associadas ao aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, foi indicada para todas as regiões do município. Indicou-se a delimitação de área de preservação permanente, permitindo o extravasamento de água da calha principal do córrego, nos locais onde houver espaço suficiente nas margens do talvegue.

Como forma de mitigar os impactos oriundos dos alagamentos por cheias do rio Parnaíba, foi indicado um conjunto de medidas não estruturais. Uma dessas medidas é a implantação de parque urbano linear, em toda a extensão do limite entre solo urbano e área de proteção. Nas regiões de risco com ocupação consolidada, devem ser previstas áreas para implantação de reservatório- pulmão.

Para as demais áreas de risco apontadas pela CPRM (2012), foi indicada a implantação de corredor verde ao longo dos talvegues principais, com previsão de parque urbano inundável, e a readequação das estruturas de drenagem que apresentam insuficiência hidráulica. Na Figura 2, é apresentada a concepção de



solução a ser adotada para redução dos riscos de inundação.

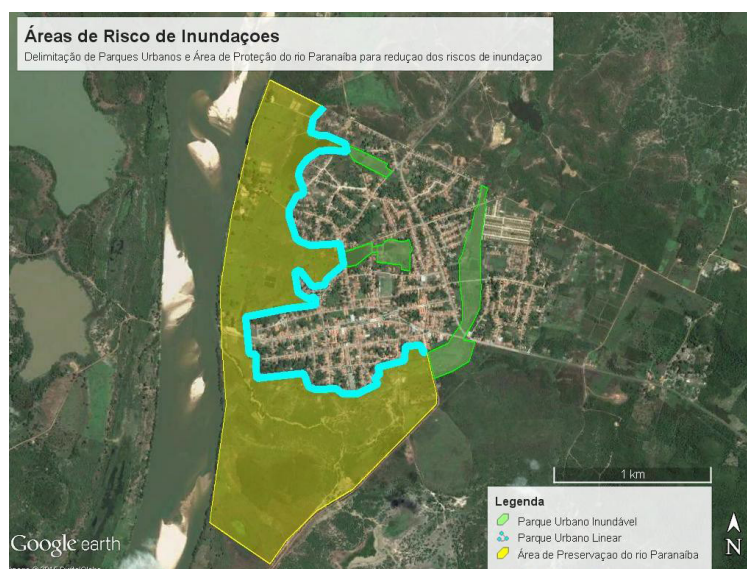


Figura 2 - Concepção das soluções para tratamento das áreas com risco de inundação

No que diz respeito ao município de Bocaina, as medidas de detenção se apresentam como uma excelente solução de uso múltiplo, possibilitando o controle dos escoamentos gerados pelos lotes e, em consequência, reduzindo as dimensões das redes. Deve ser prevista a instalação de galerias de drenagem nos locais urbanos em que os talwegues foram substituídos por ruas e não há sistemas de drenagem adaptado para isso. Para o projeto de microdrenagem, foram previstos dispositivos hidráulicos para ordenamento dos escoamentos excedentes das chuvas precipitadas sobre as áreas urbanas. O eixo de drenagem indicado pelos moradores, durante a visita técnica, que escoam as águas precipitadas na região alta da cidade, ao norte da área central urbana de Bocaina, deverá ser dotado de rede de galeria subterrânea.

Como forma de mitigar os impactos oriundos dos alagamentos do rio Guaíbas, foi indicado um conjunto de medidas não estruturais. Uma dessas medidas é a implantação de uma área de proteção do rio Guaíbas, com o objetivo de vedar a ocupação irregular dessa região. Outra medida é a implantação de parque urbano linear em toda a extensão do limite entre o solo urbano e a área de proteção do rio.

### 6.1 Previsão de Eventos de Emergência e Contingência

Foi observada a importância de Porto e Bocaina possuírem um Plano de Emergência para o setor de manejo de águas pluviais (Quadro 7 para Porto e Quadro 9 para Bocaina), que deve conter as características das áreas sujeitas a riscos e as ações necessárias às respostas de controle e combate às ocorrências anormais.



Causas	Consequências	Ações Emergenciais	Ações Preventivas
<p>Precipitações intensas;</p> <p>Boca de lobo e/ou ramal assoreado e/ou obstruído;</p> <p>Subdimensionamento da rede existente; Deficiência nas declividades da via pública e das sarjetas;</p> <p>Ausência de manutenções preventivas; Lançamento de resíduos sólidos no sistema de microdrenagem.</p>	Alagamento localizado	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria responsável para executar a limpeza da área afetada e manutenção corretiva;</p> <p>Registrar o evento;</p> <p>Comunicar à população sobre o fechamento de vias alagadas.</p>	<p>Realização de manutenções preventivas da rede de drenagem; Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de resíduos nas vias públicas e bocas de lobo.</p>
<p>Precipitações intensas e constantes na bacia do rio Parnaíba;</p> <p>Ocupação das planícies de inundação; Impermeabilização de áreas significativas da bacia, favorecendo o escoamento superficial;</p> <p>Remoção da cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente – APP; Deficiência da capacidade de escoamento do curso d'água;</p> <p>Assoreamento do rio Parnaíba; Estrangulamento do curso d'água por estruturas de travessias existentes.</p>	Inundação Gradual do rio Parnaíba	<p>Comunicação à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Secretarias Municipais de Planejamento, Obras, Meio Ambiente para verificar os danos e riscos à população; alerta à população;</p> <p>Paralisação parcial do abastecimento de energia elétrica nas áreas inundadas; Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas;</p> <p>Preparação de locais para abrigo temporário da população atingida;</p> <p>Provisão de recursos básicos necessários à sobrevivência da população atingida e recepção de doativos.</p>	<p>Zoneamento das áreas de inundação, evitando a ocupação de novas áreas de risco; Implantação de um sistema de alerta de cheias;</p> <p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza e desassoreamento do rio Parnaíba.</p>
<p>Precipitações intensas nas bacias dos córregos que desaguam no rio Parnaíba; Ocupação das planícies de inundação; Impermeabilização de áreas significativas da bacia, favorecendo o escoamento superficial;</p> <p>Remoção da cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente – APP;</p> <p>Deficiência da capacidade de escoamento dos córregos;</p> <p>Assoreamento dos córregos; Estrangulamento dos córregos por estruturas de travessias existentes.</p>	Inundações repentinas	<p>Comunicação à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Secretarias Municipais de Planejamento, Obras, Meio Ambiente para verificar os danos e riscos à população; alerta à população;</p> <p>Paralisação parcial do abastecimento de energia elétrica nas áreas inundadas; Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas;</p> <p>Preparação de locais para abrigo temporário da população atingida;</p> <p>Provisão de recursos básicos necessários à sobrevivência da população atingida e recepção de doativos.</p>	<p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população;</p> <p>Utilização de técnicas compensatórias que favoreçam a infiltração da água no solo e reduzam o volume de água pluvial lançado na rede de drenagem;</p> <p>Implantação de corredores verdes e reservatórios de detenção;</p> <p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza e desassoreamento dos córregos;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação ambiental.</p>
<p>Ausência de pavimentação e drenagem de vias na zona rural provocando erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Lançamento de resíduos na rede de drenagem pluvial;</p> <p>Rompimento de tubulação do sistema de esgotamento sanitário;</p> <p>Acidente ambiental com lançamento de contaminantes na rede pluvial; Interligação clandestina de esgoto nas galerias de microdrenagem.</p>	Contaminação dos cursos d'água	<p>Comunicação e alerta para a Secretaria de Meio Ambiente e Saneamento Básico, Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população; Comunicação à operadora para detecção do ponto de lançamento ou rompimento e regularização da ocorrência;</p> <p>Adoção de medidas imediatas para contenção da contaminação.</p>	<p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza da boca de lobo;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de lixo nas vias públicas e captações.</p>

<p>Precipitações intensas e constantes; Ocupações irregulares em áreas susceptíveis a erosão e de preservação permanente;</p> <p>Ausência de cobertura vegetal em taludes e margens de cursos d'água.</p>	Erosão	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria de Desenvolvimento Urbano para a limpeza da área afetada e programação de obras de contenção;</p> <p>Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas.</p>
		<p>Implantar medidas para conter o processo de erosão marginal;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população.</p>

Quadro 7 - Ações de Emergência e Contingência do Sistema de Manejo de Águas Pluviais – Porto-PI

Causas	Consequências	Ações Emergenciais	Ações Preventivas
<p>Precipitações intensas;</p> <p>Boca de lobo e/ou ramal assoreado e/ou obstruído;</p> <p>Subdimensionamento da rede existente; Deficiência nas declividades da via pública e das sarjetas;</p> <p>Ausência de manutenções preventivas; Lançamento de resíduos sólidos no sistema de microdrenagem;</p> <p>Ausência de rede de drenagem em diversos bairros do município de Bocaina.</p>	Alagamento localizado	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria responsável para executar a limpeza da área afetada e manutenção corretiva;</p> <p>Registrar o evento;</p> <p>Comunicar à população sobre o fechamento de vias alagadas.</p>	<p>Necessidade de redimensionamento da infraestrutura de drenagem existente; Implantação de redes de drenagem pluvial nos locais não dotados do sistema; Realização de manutenções preventivas da rede de drenagem;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de resíduos nas vias públicas e bocas de lobo.</p>
<p>Ausência de pavimentação e drenagem de vias na zona rural provocando erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Lançamento de resíduos na rede de drenagem pluvial;</p> <p>Rompimento de tubulação do sistema de esgotamento sanitário;</p> <p>Acidente ambiental com lançamento de contaminantes na rede pluvial.</p>	Contaminação dos cursos d'água	<p>Comunicação e alerta para a Secretaria de Meio Ambiente e Saneamento Básico, Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população; Comunicação à operadora para detecção do ponto de lançamento ou rompimento e regularização da ocorrência;</p> <p>Adoção de medidas imediatas para contenção da contaminação.</p>	<p>Fiscalização; Limpeza dos dispositivos de drenagem;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de lixo nas vias públicas e captações.</p>
<p>Precipitações intensas e constantes; Ocupações irregulares em áreas susceptíveis a erosão e de preservação permanente;</p> <p>Ausência de cobertura vegetal em taludes e margens de cursos d'água.</p>	Erosão	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria de Desenvolvimento Urbano para a limpeza da área afetada e programação de obras de contenção;</p> <p>Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas.</p>	<p>Implantar medidas para conter o processo de erosão marginal;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população.</p>
<p>Problemas estruturais; Precipitações muito intensas;</p> <p>Deslizamentos de grandes massas para o interior do reservatório.</p>	Ruptura da Barragem	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou corpo de bombeiros do risco eminente à população na ocorrência de um evento;</p> <p>Evacuação das áreas de risco.</p>	<p>Elaboração do Plano de Segurança de Barragem; Sistema de alerta;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo e fiscalizando novas ocupações; Monitoramento da estrutura da barragem e do entorno do reservatório.</p>

Quadro 8 - Ações de Emergência e Contingência do Sistema de Manejo de Águas Pluviais – Bocaina-PI

## 7 | PROGRAMAS E AÇÕES

A fim de se alcançar as metas propostas para o cenário de referência e a partir da análise dos aspectos econômicos, considerando o crescimento populacional e compatibilizando o PMSB ao Plano Plurianual do Município de Porto, foram determinados quatro programas, apresentados na Figura 3 com suas respectivas ações. Para Bocaina, foram determinados cinco programas (Figura 4) com suas respectivas ações. Para hierarquizar os programas e direcionar recursos e mão de obra, foram determinados 4 níveis de prioridade, sendo a *Prioridade 1* mais prioritária que a *Prioridade 4*. Para ilustrar a emergência das ações, foi também estabelecido um segundo nível de prioridade, sendo a *Prioridade 2.1* mais emergencial que a *Prioridade 2.3*.



Figura 3- Programas e Ações para o Manejo das Águas Pluviais em Porto-PI

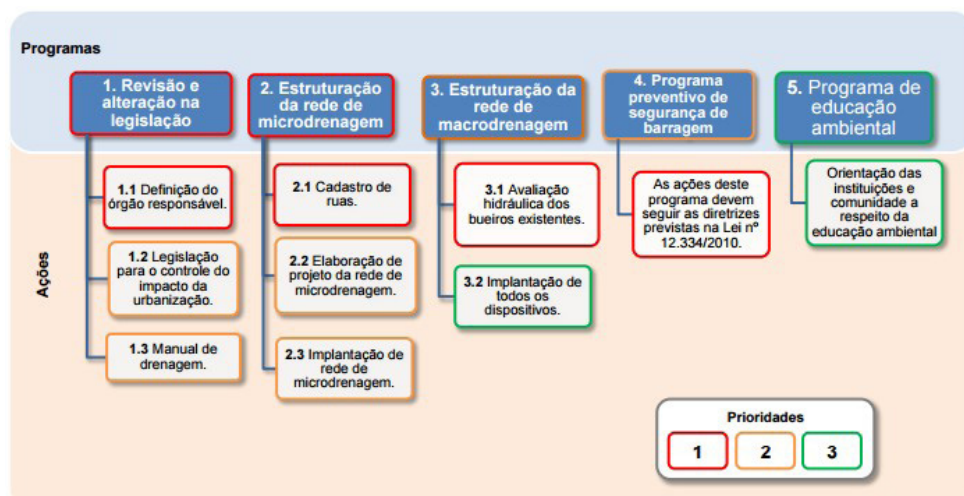


Figura 4 - Programas e Ações para o Manejo das Águas Pluviais em Bocaina-PI

## 8 | CONCLUSÕES

O planejamento apresentado neste artigo teve como objetivo avaliar a atual situação dos municípios de Porto e Bocaina, no Piauí, detectando as principais carências e problemas existentes e, com base nesta avaliação, estabelecer os cenários futuros possíveis e desejáveis, levando em consideração características específicas de cada município. Também foram estudadas as suas demandas atuais e futuras, buscando antever o ambiente, a fim de definir as metas e objetivos a serem alcançados no horizonte do PMSB. Em seguida, foram definidas diretrizes e propostas medidas de intervenção com o intuito de mitigar os impactos causados pela falta de gestão e manejo das águas pluviais. A partir das metas definidas, foram estabelecidos programas com seu respectivo conjunto de ações capazes de cumprir os objetivos mencionados. Desta forma, torna-se possível minimizar as deficiências dos municípios no âmbito do manejo de águas pluviais.

Como apresentado, uma particularidade do município de Porto é a sua localização na planície de inundação do rio Parnaíba. Esta característica, marcante devido ao risco de inundações associado, norteou o Plano de Emergência e Contingência do município, além da criação de um programa específico para a gestão de risco.

Já Bocaina, não possui alto risco de inundações associado a extravasamento de grandes corpos d'água. Sua particularidade é a presença da barragem do reservatório existente a montante da cidade. Desta forma, o programa de segurança de barragem é imprescindível, evitando e mitigando os danos potenciais advindos de um evento de ruptura da barragem. Esse programa também será responsável por evitar que novas exposições ao perigo se traduzam em maior risco ao patrimônio e à vida da população do município, por meio de controles da expansão urbana e do uso do solo.

Vale ressaltar que, anterior à implantação dos programas e das medidas propostas, devem ser realizados estudos técnicos especializados, considerando as características de cada município, a fim de que seja feito o dimensionamento adequado. Além disso, é de extrema importância a aplicação de leis que buscam reduzir os riscos à população, e sua devida fiscalização.

## REFERÊNCIAS

BRASIL (2007). Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007, **Lei de Saneamento**, Senado Federal, 2007.

CPRM (2012). **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa em Porto (PI)**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2012.

FUNASA (2012). **Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico** – Procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da Fundação Nacional de Saúde – Funasa/MS. Brasília, DF, 2012.

FUNPAPI (2013). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Bocaina – PI**: Diagnóstico Geral dos

Serviços de Saneamento Básico. Prefeitura Municipal de Bocaina. Bocaina, PI, 2013.

IBGE (2010). **Censo Demográfico – 2010**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/default\\_censo\\_2010.shtm](http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/default_censo_2010.shtm). Acessado em setembro de 2015.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 10, 25, 43, 61, 76, 164, 183, 184, 191, 195, 197, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216

Abatedouro 162, 163, 164, 166, 168, 170

Água 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 139, 141, 142, 146, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 245, 248, 250, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Água de reuso 22, 24

Águas cinzas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 50

Águas subterrâneas 96, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 150, 151, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 171, 175, 182, 183, 184, 186, 187, 189, 195, 196, 197, 198, 202, 205, 206, 213, 218, 226, 227

Água subterrânea 92, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 152, 156, 157, 160, 162, 163, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 204, 214, 217, 218, 219, 221, 222, 226, 227

Alunos 34, 35, 38, 55, 56

Aquífero misto 96, 97, 100, 103, 104, 105

### B

Bacia do salgado 127, 137

Bacia hidrográfica 77, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 101, 102, 107, 108, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 137, 138, 184, 190, 205, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Bacia sedimentar do Araripe 127

Biorreatores com membrana submersa 24

### C

Conscientização 31, 39, 43, 47, 48

Contaminação 20, 72, 86, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 161, 168, 170, 171, 183, 197, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 238, 239, 256, 262, 270, 274

Critérios de potabilidade 197, 215

Cromo trivalente 173, 179, 180

### D

Demanda de água 39, 49, 184, 211

Descontinuidade urbana 77, 79, 88

Desempenho 8, 47, 61

Desperdício 15, 18, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 48

Diagnóstico 82, 88, 118, 205, 207, 209, 214, 215, 216, 227, 229, 230, 231, 233, 234, 241, 253, 254

## **E**

Eletrorresistividade 89, 93, 154, 228

## **G**

Geoprocessamento 98, 100, 105, 120, 125, 126, 182, 184, 186, 187, 196, 243, 245

Gestão sustentável 39, 47, 48, 233

## **H**

Hidráulica 50, 59, 61, 67, 91, 104, 176, 189, 220, 232, 233, 234, 235, 236

Hidrogeologia 89, 90, 97, 182, 196, 205, 206

Hidrologia 2, 23, 88, 90, 119, 120, 126, 138, 141

## **I**

Inundações 3, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 128, 134, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 241

## **L**

Lineações 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105

Lixiviação 140, 144, 173, 175, 200, 219, 268

## **M**

MBR 24, 25, 28, 30, 31, 32

Medição de vazão 51, 53, 55, 59

Monitoramento 5, 39, 51, 53, 56, 83, 84, 121, 122, 160, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 176, 179, 183, 199, 205, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 239, 261, 262, 273, 274

## **N**

Necrochorume 157, 217, 218, 219, 221, 225, 226, 227, 228

Neotectônica 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105

Níquel 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181

## **P**

Precipitações médias 2, 6

## **Q**

Qualidade da água 15, 16, 20, 32, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 224, 255, 257, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Qualidade da água subterrânea 166, 172, 217, 218

## R

Residências unifamiliares 17, 18, 19, 21, 22

Reuso 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50

Reuso de águas cinzas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 50

Reutilização 19, 34, 42

## S

SIG 98, 120, 121, 130, 137, 259, 260

Sistema aquífero bauru 89, 90

Sistema de informação geográfica 98, 127, 130

Solo 3, 52, 69, 71, 75, 83, 85, 99, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 125, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 141, 150, 151, 152, 156, 157, 158, 160, 168, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 197, 198, 201, 204, 205, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 227, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 248, 252, 255, 257, 258, 260, 262, 263, 267, 268, 270, 271, 273

## T

Telhados verdes 1, 2, 3, 6, 7, 8

Tratamento de efluentes 51, 52, 53, 54, 59

Tubulações 61, 62, 64, 66, 73, 201, 210

## U

Urbanização 2, 52, 77, 78, 87, 88, 107, 233, 234, 235, 236, 256, 271

Uso da terra 107, 110, 118, 119, 196, 261, 273

Uso racional 9, 10, 11, 16, 17, 26, 34, 40, 43, 50, 183

Usos múltiplos 18, 162, 257, 270, 271

Usuários 20, 35, 39, 41, 47, 48, 49, 70, 89, 92, 162, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 257

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-667-6

